

UNTERSUCHUNGEN ZUR MORPHOLOGIE UND STRUKTUR
DES AUSGEREIFTEN ZAHNSTEINS
UND DIE ART SEINER HAFTUNG

von

MARITA FREISFELD

=

1965



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554405_0076

Aus der Konservierenden Abteilung (Leiter: Prof.Dr.J.Kluczka)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof.Dr.F.Jung)
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

UNTERSUCHUNGEN ZUR MORPHOLOGIE UND STRUKTUR
DES AUSGEREIFTEN ZAHNSTEINS
UND DIE ART SEINER HAFTUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
MARITA FREISFELD
aus Großauheim/Main

MAINZ 1963



Dekan: Professor Dr. Thomsen
Referent: Professor Dr. Dr. P. Riethel
Korreferent: Professor Dr. J. Kluczka
Tag der mündl. Prüfung: 2. Februar 1965

Gesamtherstellung: DITTERS BÜRODIENST MAINZ



MEINEM LIEBEN VATER

GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A Einleitung	1
Allgemeines über Zahnstein	1
B Zusammensetzung des Zahnsteins	2
Struktur des Zahnsteins	4
Lokalisation des Zahnsteins	4
Herstellung der Präparate	6
Entstehungsvorgang	7
Arten der Befestigung des Zahnsteins	8
Diskussion der Abbildungen	11
Zusammenfassung	12
Literaturverzeichnis	13

EINLEITUNG

A Schon vor Jahrhunderten hatten aufmerksame Beobachter festgestellt, daß die Belagsbildung der Zähne verschiedenen Ursprungs war. Die häufigsten Unreinheiten ließen sich ohne allzu große Mühe durch Bürstenreinigung entfernen. Im Gegensatz dazu gab es Auflagerungen, die "steinhart" waren und weder der Zunge noch einer Bürste nachgaben.

Nach der Überlieferung war der Franzose Fauchard der erste, der diese Verschiedenheiten in der Auflagerung systematisch untersuchte. In seinen Untersuchungen über die Bezeichnung dessen, was wir heute Zahnstein nennen, erwähnt Prinz, H. (1921) (1), daß Fauchard (1728) seine Beobachtung "tuff" benennt. Um diese Zeit war in Deutschland der Ausdruck "Tuffstein" in Gebrauch. In der englischen Literatur ist die allgemeine Bezeichnung für Zahnstein "salivary calculus", während der Name "tartar" oder "dental stone" nur vom Laien gebraucht wird. Neben diesen Bezeichnungen wurden zahlreiche andere Synonyma gebraucht: "odontolithos", "sialolithiasis", "odontia incrustans" u. a. Tartar als Bezeichnung der steinigen Konkreme im menschlichen Organismus wurde zuerst von Paracelsus (zit. n. Prinz) in die Allgemeinmedizin eingeführt, der diesen Ausdruck von physiologischen Chemikern übernahm. Ebenso wurden die Ablagerungen, die man an Weinfässern fand, mit demselben Namen Tartar bezeichnet.

Die Ablagerung auf den Zähnen ist schon früher auf ihre Entstehungsart untersucht worden. Schon Hunter (1771) bezeichnet sie als eine Kalksalzfällung. Nach Prinz (Übertragung aus dem Englischen) schreibt Fox (1814): Der Zahnstein ist eine Zusammenballung einer erdähnlichen Substanz, die durch den Speichel in Lösung gehalten wird. Sie legt sich erst dann den Zähnen auf, wenn sich der Speichel zersetzt. Serre (1817) erklärt sich die Zahnsteinbildung durch Sekretion "tartaric Glands", wie er es nennt. Erst 1876 wird die Frage der Zahnsteinbildung und deren Untersuchung von Klebs aufgenommen. Buchard (1898) unterschied schon zwischen "salivary calculus" und "serumali calculus". Immer wieder wurde das Thema "Zahnstein" aufgegriffen und Untersuchungen in bakteriologischer, physikalischer, chemischer und histologischer Hinsicht angestellt.

B ZUSAMMENSETZUNG DES ZAHNSTEINS

Die Zahnsteinforschung unterteilt ihr Arbeitsgebiet in:

1. Untersuchungs des ausgereiften Zahnsteins.
2. Untersuchung der in-vitro-Zahnsteinbildung.
3. Untersuchung der in-vivo-Zahnsteinbildung an einem Probanden, in dessen Mundhöhle Zahnstein gezüchtet wird.

Der harte, ausgereifte Zahnstein besteht zu 10 - 30% aus organischem Material und Wasser, zu 70 - 90% aus anorganischen Komponenten.

Subgingivaler und supragingivaler Zahnstein zeigen keinen wesentlichen Unterschied in ihrer Zusammensetzung.

Die organische Struktur des subgingivalen Zahnsteins zeigt folgende Bestandteile: Keratin, Nucleoprotein, Muzin und Fett. Weiter heißt es bei Schneider, U. (1959)(3), daß das Muzin als Matrix und zugleich Nährboden für die Mikroorganismen der Plaque dienen.

Die Muzinase wird nach Angaben von Knox, K.W. (1953), Dewar, M.R. und G.S. Parfitt (1954), zit.n. Schneider, durch Magnesium in ihrer Aktivität gefördert, durch Cyanide, Oxalate, Pyrophosphate und andere Substanzen dagegen gehemmt, da diese Kalzium oder Magnesium binden. Bei einem pH-Wert von weniger als 4,5 wird die Muzinase inaktiviert.

Der Hauptbestandteil des anorganischen Zahnsteins ist der Hydroxylapatit, eine Ca-Phosphat-Verbindung. Die gleiche Verbindung ist auch an verschiedenen Stellen unseres Körpers anzutreffen, so im anorganischen Anteil des Schmelzes, des Dentins, des Knochens und der meisten pathologischen Verkalkungen des Organismus.

Neben dem Hydroxylapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) wurden Whitlockit ($\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) und Brushit ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) analysiert.

Andere Autoren fanden Kalziumkarbonat (CaCO_3). Schneider (1959, S.9) bringt die genauere Untersuchung von Whitlockit: "Durch den Einbau der Mg-Atome wird das Kristallgitter des Whitlockit ($\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) wesentlich versteift. Es schrumpft und wird dichter. Die Löslichkeit wird herabgesetzt."

Whitlockit und Apatit sind härter als Brushit. Im Zahnstein ist mehr Whitlockit gefunden worden als früher angenommen wurde. Im mandibulären Zahnstein ist der Anteil von Whitlockit größer als im Parotiszahnstein. Darin könnte die Erklärung liegen, wie Schneider annimmt, daß der Parotiszahnstein oft härter ist als der mandibuläre Zahnstein. Dagegen ist der Gehalt des Whitlockit in den Speicheldrüsen-Absonderungen geringer (Jensen, A.T. (1954)). Der Speichel der Parotisgegend ist nicht mit Brushit gesättigt,

während der Mandibularspeichel damit übersättigt ist. Brushit ist weicher und leichter löslich als Apatit. Der Whitlockit ist in größerer Menge im subgingivalen als im supragingivalen Zahnstein zu finden.

Eine Übersättigung an Brushit ist nur bei einem höheren pH-Wert möglich, dagegen ist eine Übersättigung an Apatit schon bei einem geringeren pH-Wert gegeben. Voraussetzung dafür ist allerdings eine konstante Konzentration von Kalzium und Phosphat. Nach Rapp, G.W. (1945) wird die Zahnsteinbildung entscheidend durch den Speichel-pH beeinflusst. Die Herabsetzung dieses pH-Wertes begünstigt die Zahnsteinbildung. Bei einem bestimmten pH, dem sogenannten kritischen pH-Wert, geht die solide Phase der Zahnsteinzusammensetzung in Lösung über.

Über diesem kritischen pH werden die Ca^{++} - und PO_4^{---} -Ionen schon ausgefällt, und zwar spielt für diese Präzipitation wieder die Alkalität des Speichels eine große Rolle, mit deren Steigerung die Ausfällung um so rascher erfolgt.

Bei einem hohen Ca^{++} - und PO_4^{---} -Spiegel im Speichel liegt der kritische pH-Wert niedriger, d.h. die Grenze des Ausfallens von Salzen erfolgt eher. Somit ist also beim Menschen mit besonderer Neigung zur Zahnsteinbildung die pH-Differenz zwischen dem aktuellen Speichel-pH und dem kritischen pH (der niedrigeren Wertes ist) größer als bei Nicht-Zahnsteinbildnern.

Nach Untersuchungen von Tonogai, K. (1957) besteht die Kristallstruktur des Zahnsteins aus einem Apatit. Zwischen den vorderen und hinteren Zähnen besteht innerhalb der Struktur eine geringe Differenz. Der Zahnstein enthält außerdem nach den obengenannten Substanzen noch geringe Mengen von Zink, Nickel, Strontium, Barium und ganz geringe Spuren von Kobalt und Eisen.

Der Zahnstein, der sich auf den Oberflächen von Prothesen oder Füllungen befindet, enthält zusätzlich geringe Spuren der Legierungen.

In den Mundhöhlen, in denen man Metalle für Prothesen oder Füllungen verwendete, konnten Spuren dieser Legierungen in dem Zahnstein der Zähne festgestellt werden, die jedoch mit den Metallen nicht in Berührung zu kommen brauchen.

Bei mangelhaft gepflegtem Mund und besonders bei Mundatmung kann die Bildung von Inkrustationen an den Zähnen rasche Fortschritte machen. Gerade die mit Zahnsteinbildung behafteten Menschen geben in erster Linie Knirschen, Schnarchen und ein Austrocknungsgefühl beim Erwachen an.

Struktur des Zahnsteins:

Wenn man die Verbindung zwischen Zahnstein und Zahn untersuchen will, muß man sich zunächst über die Struktur des Zahnsteins im klaren sein. Man unterscheidet im allgemeinen zwischen supragingivalem und subgingivalem Zahnstein, beide weisen eine raue Oberfläche auf.

Bei der mikroskopischen Untersuchung fällt die wechselnde Struktur innerhalb der Zahnsteinmassen auf. Hellere und dunklere Zonen wechseln untereinander ab, wie dies die Abbildung 1 deutlich zeigt. Das läßt vermuten, daß die "Ausfällung" nicht überall gleichmäßig stattfand.

Abbildung 2 zeigt eine Schichtung mehr wellenförmigen Charakters.

Höhling, J. und Wannemacher, E. (1962) (5) beschreiben die Struktur als schichtig, wolkenförmig und ganz unregelmäßig. Die wolkige Struktur ist an den vorliegenden Abbildungen am häufigsten anzutreffen.

Abbildung 3 läßt keine Struktureinzelheiten des Zahnsteins erkennen.

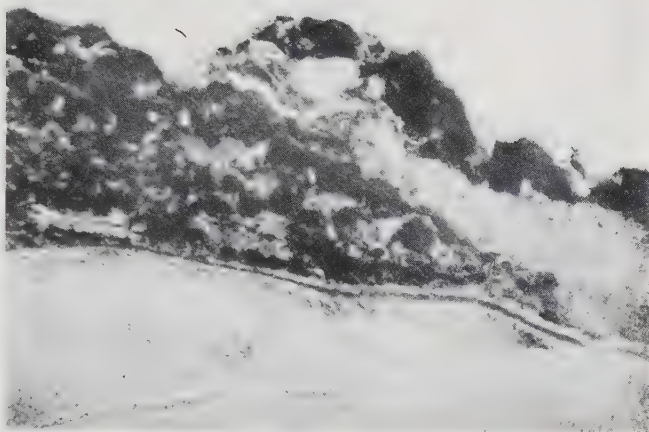
In Abbildung 4 erscheint die Struktur der Massen teilweise unregelmäßig. Sie fanden, wie deutlich sichtbar ist, bereits eine Resorptionsstelle vor, die eine gleichzeitige Ablagerung an verschiedenen Stellen der Konkavität ermöglichte. In diesem Falle wirkte sicherlich der Verschluß des Defektes einem cariösen Prozeß entgegen und man könnte den Zahnstein hier als natürliche Schutzeinrichtung des Organismus betrachten (Méz1, Z. 1959) (6). Zahlreiche Bildauswertungen - wenigstens in der vorliegenden Vergrößerung - gaben keinen weiteren Aufschluß über zusätzliche Struktureinzelheiten innerhalb der Zahnsteinmassen.

Lokalisation des Zahnsteins:

Topographisch gesehen kann man - wie schon oben ausgeführt - zwischen supragingivalem und subgingivalem Zahnstein unterscheiden. Diese Einteilung ist klinisch gesehen nur eine relative (Mandel, I.D. und Levy, B.M. (1957) (4), Box, H. K. (1946)) (7). Denn einmal kann der ursprünglich supragingivale Zahnstein durch Hyperplasie des Zahnfleisches als subgingival betrachtet werden. Oder durch Zurückweichen der Gingiva ist der ursprünglich subgingivale Zahnstein als supragingival anzusprechen. Nach Höhling, J. und Wannemacher, E. u. M. müssen auch die genetischen Vorgänge berücksichtigt werden, so daß man besser unterscheidet zwischen Zahnstein = supragingival und Konkrementen = subgingival. Da bei der Zahnsteinentstehung in der Hauptsache der Speichel mitbeteiligt ist, wird der subgingivale Zahnstein (Konkremente) nach den Autoren aus den Sekreten der entzündlich veränderten Gingiva gebildet (Höhling, J. und Wannemacher, E. u. M.).

Zahnstein

Schmelz



Dentin

Abb.1 Wechselnde Struktur innerhalb der Zahnsteinmassen
(Diese, und alle folgenden Mikrofotografien haben
eine Vergrößerung von 1: 600)

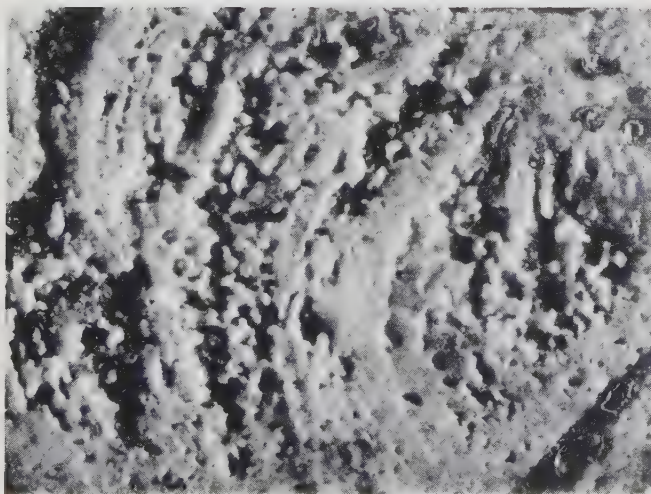


Abb.2 Wellenförmiger Aufbau des Zahnsteins

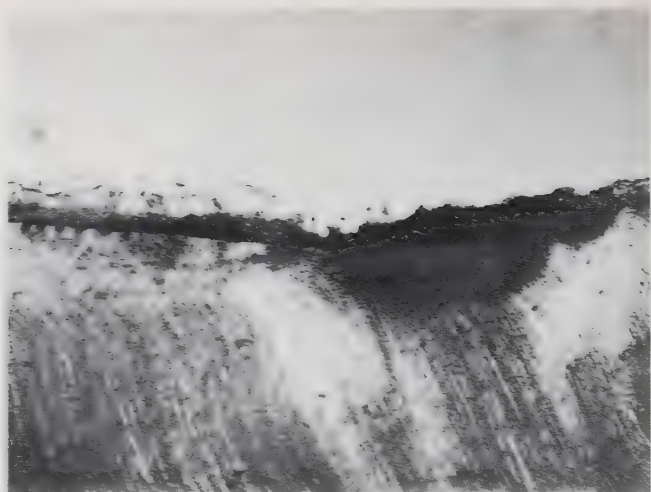


Abb. 3 Strukturlose kompakte Zahnsteinmasse

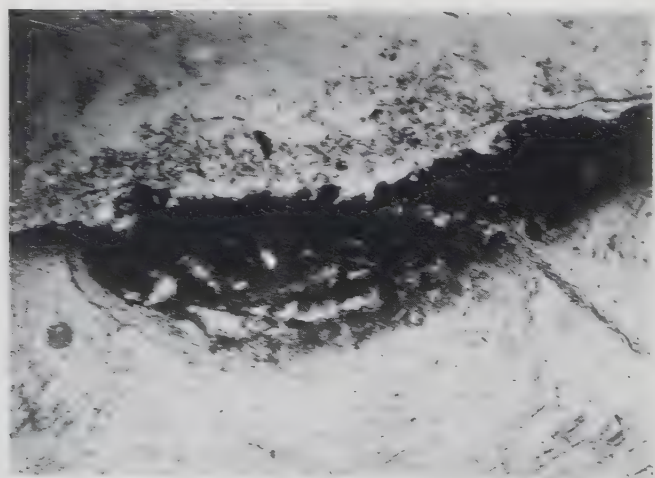


Abb. 4 Resorptionsstelle im Dentin mit Zahnstein-einlagerungen



Abb. 5 Zahnstein in einer Plaque

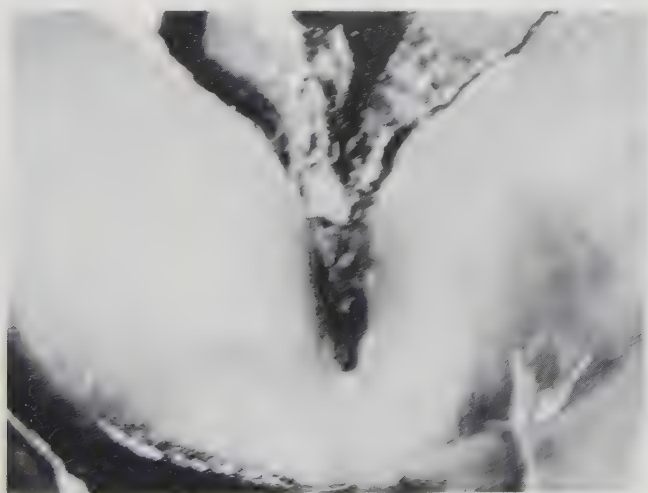
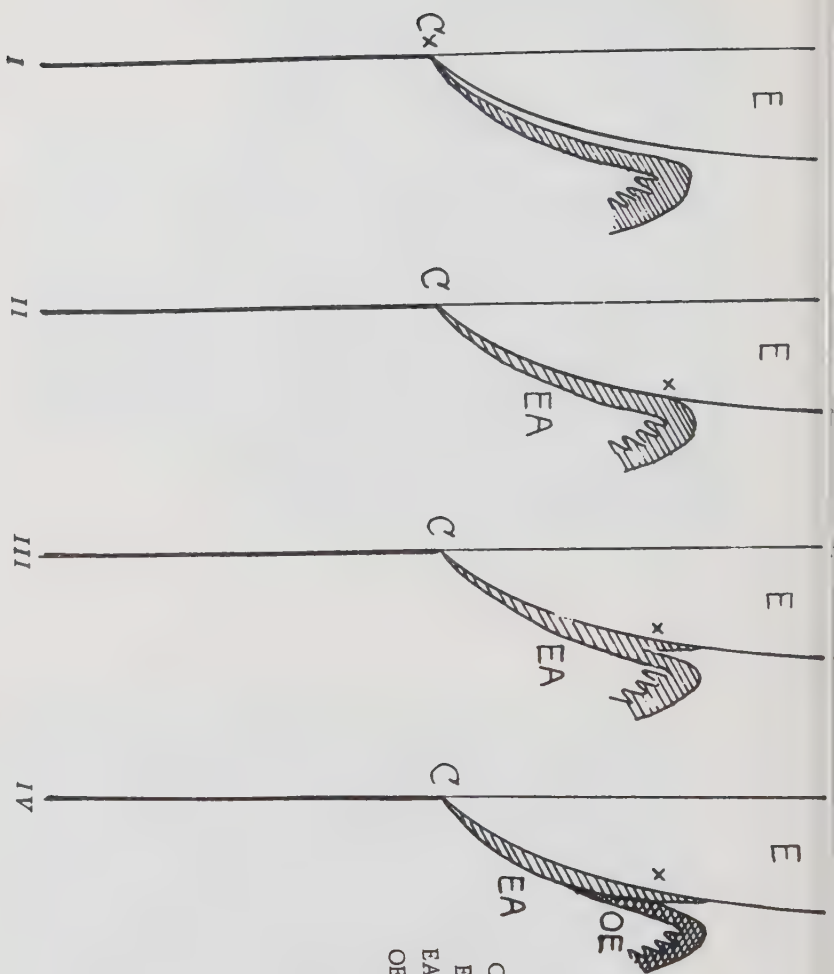
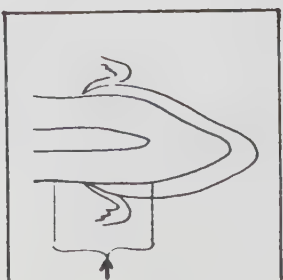


Abb. 5a Vergrößerung von Abb. 5
Zahnstein in einer Plaque



G = cemento-enamel junction
 E = Enamel
 EA = Epithelial-attachment
 OE = oral-epithel



Schematische Darstellung verschiedener Theorien der Zahnfleischfurche.
 In der kleinen seitlichen Abb. wird die Stelle angezeigt, aus der die Zeichnungen entnommen sind.

Die Bezeichnung "Zahnstein" sehen wir persönlich als einen Überbegriff an und verwenden den Ausdruck für jede Zahnsteinablagerung, gleichgültig ob supra- oder subgingival. Betrachtet man in diesem Sinne extrahierte Zähne, so findet man den Zahnstein in zahlreichen Fällen über den ganzen Zahn hin abgelagert. Jedoch konnten wir keine Zahnsteinablagerung in einer Fissur feststellen, während ein außergewöhnlicher Fall von Zahnsteinablagerung, den mit Rieth, P. zur Verfügung stellte, dieses relativ seltene Vorkommnis zeigt und einen Fall von Box bestätigt.

In der von uns herangezogenen Literatur fanden wir nur einen Fall, bei dem Zahnsteinablagerung in einer Fissur beschrieben wird. H.K. Box berichtet, daß früher Zahnstein als Antagonisten zur Caries angenommen wurde, d.h. Caries und Zahnstein schließen sich einander aus.

Zeigt ein Gebiß Caries, dann findet man keinen Zahnstein, hat dagegen ein Patient Zahnstein, so ist sein Gebiß resistent gegen Caries. Diese Annahme ist aber längst widerlegt. Wohl kann Zahnstein, wie bereits oben erwähnt, an einer Resorptionsstelle als mechanischer Verschluß gegen eine beginnende Caries an dieser Resorptionsstelle wirken.

Box berichtet ferner: Bei Kindern, die gezwungen waren, Diätkost zu essen, zeigte sich rapide Zahnsteinproduktion in den okklusalen Fissuren und den labialen Oberflächen der unteren Frontzähne. In diesem Falle war die Voraussetzung für Cariesentstehung nicht gegeben und das innere Milieu der Mundhöhle durch die einseitige Ernährung so umgestellt, daß optimale Bedingungen zur Zahnsteinbildung herrschten. Auch kommt es bei einseitiger Kau-einwirkung zu einseitigem Zahnsteinansatz. Die bevorzugte Stelle der Zahnsteinauflagerung ist nach Zander, H.A. (1953) (8) die Schmelzzementgrenze. Der Autor nimmt an, daß an dieser Stelle häufig ein Spalt zwischen Schmelz und Zement während der Zahnbildung vorlag, so daß das Dentin hier freiliegt.

Der entwicklungsgeschichtlich bedingte Spalt wird in der nebenstehenden Abbildung aus Goldman and Cohen "PERIODONTIA" gezeigt (1957)(9).

I Es wurde angenommen, daß sich der gingivale Sulcus bis zur Schmelzzementgrenze ausdehnt; direkt am Ende der Krone erscheint die orale Mucosa. Die Befestigung des gingivalen Epithels war linear und bestand nur an der Schmelzzementgrenze.

II Das gingivale und orale Epithel sind miteinander verbunden, und diese bilden eine organische Vereinigung mit dem Schmelz. Der gingivale Sulcus

ist nur eine seichte Furche, von deren tiefstem Punkt Zahn und Epithel getrennt sind. Die Trennung des Epithels vom Zahn betrachtet man als physiologischen Prozeß.

- III Die Vertiefung der gingivalen Furche imponiert wie ein Riß in der epithelialen Befestigung.
- IV Der gingivale "Sulcus" bildet eine Fusionslinie zwischen dem kombinierten angehefteten Epithel auf der Oberfläche des Schmelzes und dem Mundepithel. Letzteres proliferiert am Verbindungsgewebe des epithelialen Attachments und ersetzt das schmelzverbindende Epithel, das fortlaufend degeneriert.

Von der Schmelzzementgrenze kann man den Zahnstein apexwärts bis zum apikalen Drittel der Wurzel antreffen. Nahe dem Apex ist nur selten Zahnstein zu finden, ebenso erscheint nach unserer Beobachtung die Bifurkation zwischen mehrwurzigen Zähnen frei von Zahnstein. Ist jedoch die Bifurkation sichtbar, durch starke Resorption des Alveolarknochens, so wird auch sie der Zahnsteinablagerung zugänglich.

Es ist bekannt, daß der Zahn bzw. die Wurzel des Zahnes mit Zement umgeben ist. Am Zahnhals liegt er nur als dünne Schicht auf, die apexwärts und in der Bifurkation mehrwurziger Zähne mehr und mehr an Dicke zunimmt. Man unterscheidet zwischen zellfreiem und zellhaltigem Zement. Der zellfreien Schicht ist die zellhaltige aufgelagert, aber erst im apikalen Drittel der Wurzel (Meyer, W. (1950)(10). Aus diesem Grund vermuten wir, daß letztere genügend Abwehrkraft besitzen, um eine Zahnsteinablagerung zu verhindern. Zu dieser Vermutung gaben die mehr als 70 untersuchten Schliffe von zahnsteintragenden Zähnen Anlaß. Die apexnächste Stelle mit Zahnstein war jeweils das apikale Wurzeldrittel und keine Zahnsteinauf-lagerung in der Bifurkation mehrwurziger Zähne.

Herstellung der Präparate:

Technik der Schliffherstellung:

Zur Untersuchung der Befestigungsart des Zahnsteins haben wir extrahierte, zahnsteinbeladene Zähne gesammelt. Die Untersuchung von Zahn und Zahnstein wurde an Schliffpräparaten vorgenommen. Der Zahnstein sitzt dem Zahn nicht so fest auf, um den technischen Beanspruchungen eines Schleifvorganges standzuhalten. Zahnsteintragende Zähne würden, ohne vorberei-

tende Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, zerbröckeln. Deshalb haben wir vor dem Schleifprozeß Zahn und Zahnstein in eine Kunststofflösung (Aralditharz flüssig mit Aceton verdünnt) gelegt und so verfestigt. Diese Lösung bleibt im mikroskopischen Bild strukturlos. Im Exsikkator wird die Luft entzogen und somit die Poren und Spalten für die Lösung geöffnet. Die wieder einströmende Luft preßt nun das Harz in die Hohlräume. Ein Trocknungsvorgang folgt. Bei 70°C muß das Objekt 3-4 x 24 Stunden langsam trocknen, damit der Zahnstein und die Zahnschubstanz bei der Ausdehnungstendenz des Harzes nicht gesprengt wird. Das Objekt wird hart. So hart, daß der Zahn nun auf einem Horizontalschleifstein mit Siliziumkarbid (Karbörund) plan geschliffen werden kann. Es folgen mehrere Schleifvorgänge, wobei die Korngröße des Schleifmittels von 320, 500 und 800 angewendet wird. Dieser Schliff wird auf einem Objektträger mit Kanadabalsam eingebettet. Dann erfolgt noch einmal derselbe Schleifvorgang, bis der Zahn etwa 28µ dick ist. Um das Objekt vor Beschädigung zu schützen und photographieren zu können, wird es mit einem Deckgläschen abgedeckt.

Entstehungsvorgang:

Bevor sich der Zahnstein den Zähnen auflagert, wird eine organische Substanz, "Matrix" genannt, gebildet. Diese Matrix wird in der Hauptsache von Actinomyceten gebildet. Mandel, I.D. und Levy, B.M. (1957) berichten von Naeslund weiteres von der Matrix, daß nämlich die Actinomyceten die Matrix wie ein Netzwerk aufbauen, die Fäden sich verweben und verzweigen, teilweise sollen sie aber auch aus geraden, parallel verlaufenden, unverzweigten Fäden bestehen. Weiter heißt es, daß dieses Netzwerk mit amorphen Massen und Mikroorganismen, wie hauptsächlich Kokken und fusiformen Bakterien, gefüllt ist (vgl. Schroeder, H. u.a. (1961)) (11). Die Matrix stellt die Anfangsphase der Zahnsteinbildung dar und dient der Befestigung des Zahnsteins am Schmelz und Zement des Zahnes (Schroff, F.R. (1956) (12), Zander, H.A. (1953)). Außerdem hat die organische Matrix nach Schroff eine Affinität für Mineralsalze, die wahrscheinlich im Speichel in übersättigtem Zustand vorliegen sollen. Prinz, H. setzte einen Wechsel im kolloidalen Zustand des stagnierten Speichels voraus und sieht darin sowohl die Voraussetzung für die Bildung der organischen Matrix als auch die Präzipitation der Mineralsalze. Die Mineralsalzfällung gibt dem Zahnstein seine Festigkeit und Härte. Nach Bibby, B.G. (1935) (13) gibt es keine Kalkablagerungen ohne Anwesenheit von Bakterien, deren Hauptanteil nicht die Actinomyceten, sondern die Leptotrixbakterien ausmachen. Vgl. auch Gräff, W. (1961)(14).

Arten der Befestigung des Zahnsteins:

Die Art der Befestigung wechselt an den verschiedenen Stellen der Zahnsteinauflagerung.

Abbildung 6 zeigt Zahnstein auf dem Schmelz abgelagert. Links im Bild liegen die Zahnsteinmassen direkt dem Schmelz auf, was etwa der Stelle des Kontaktpunktes entspricht. Die Zahnsteinmassen sind über dieser Stelle außerordentlich dick und in der Struktur kompakter als der zahnhalbwärts aufliegende Zahnstein. Unter dem etwas aufgelockerten Zahnstein läßt sich die organische Matrix vermuten und in Abb. 7 verfolgen.

"Die Oberfläche des noch nicht abgekauten, jungen Zahnes ist von einer dünnen homogenen, verkalkten, äußerst widerstandsfähigen Membran (Schmelzoberhäutchen, Nasmyth'schen Membran), einer kutikularen Bildung der schmelzproduzierenden Zellen (der Adamantoblasten) überzogen, über die vom äußeren Schmelzepithel noch eine weitere Deckschicht, die Cuticula dentis (Sicher-Tandler) abgelagert wird, die in späteren Stadien des Zahndurchbruchs auch noch den durchbrochenen (anschließenden) Anteil der zementgedeckten Wurzel bekleidet, die auch verhornen kann und die die Kontinuität der Körperdecke durch ihre Verbindung mit der entsprechenden Schicht des Zahnfleischepithels aufrecht erhält" (zit. n. Pernkopf, E. 1958, S. 111) (19).

Hinsichtlich der Cuticula, die Zander im Hinblick auf das Attachment des Zahnsteins an erster Stelle der verschiedenen Möglichkeiten der Befestigungsarten überhaupt nennt, ergeben sich in der zusammenfassenden Darstellung nach Palazzi, S. (1953) (18) zwei Probleme:

"1. Was stellt die Cuticula dentis dar? 2. Ist eine Verhornung der Epitheloberfläche der Tasche möglich und läßt sie sich tatsächlich beobachten?" Bezüglich der ersten Frage vertritt Gottlieb die Ansicht, daß das äußere Schmelzepithel verhornt und sich gleicherweise auf dem von Schmelz bedeckten Zahne ausdehnt wie auf dem von Zement bedeckten; dies kann man "Cuticula dentis" nennen. Weski bestätigt die Existenz dieser Cuticula, während Euler der Meinung ist, daß sie sich nur äußerst selten findet.

Wir sind mit Gottlieb und Weski der Meinung, daß das Vorhandensein der Cuticula die Regel, ihr Fehlen eine Anomalie darstellt.

Bei der zweiten Frage handelt es sich darum festzustellen, ob die Cuticula durch Separierung und Differenzierung oder durch Wanderung entstanden ist. Während Gottlieb sie als ein Produkt der Verlagerung der Oberflächenschicht des Mundepithels ansieht, denkt Weski an ein Differenzierungsprodukt des Epithels in Form von Zementsubstanzen; der gleichen Ansicht ist auch Euler. Palazzi glaubt die Loslösung des Epithelansatzes von der Zahnoberfläche fol-

Zahnstein

Schmelz

Dentin

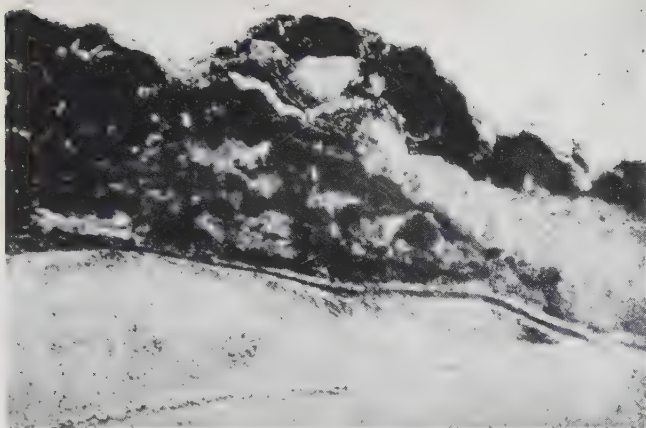


Abb. 6 Wolkenförmige Struktur
Zahnstein auf dem Schmelz

Zahnstein

Matrix
(Cuticula
denticis?)

Dentin

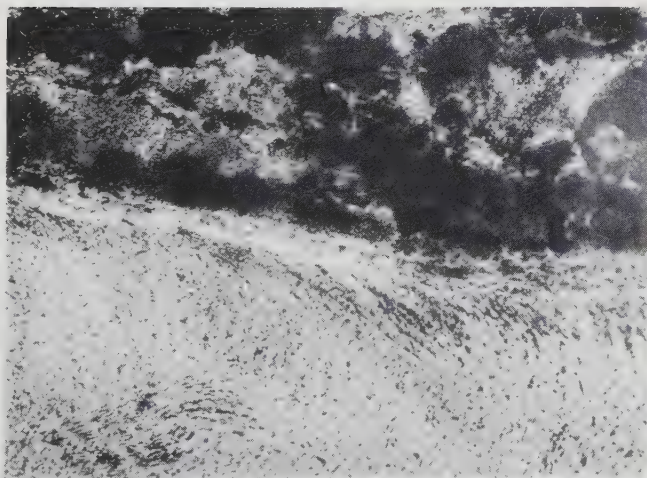


Abb. 7 Vergrößerung von Abb. 6



Abb. 8 Zahnstein auf der Zementoberfläche

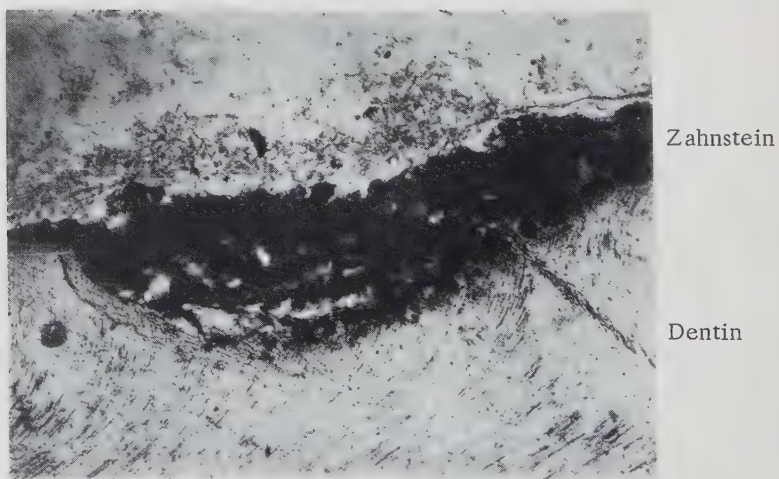


Abb. 9 Zahnstein in einer Resorptionslakune des Dentins

gendermaßen darstellen zu können: "Entweder bildet sich eine seichte Separierung des Epithels ohne nachfolgende Veränderung seiner Oberfläche, oder es findet vor der Loslösung eine Migration der oberflächlichsten Epithelialzellen statt, so daß sich beim Menschen und bei der Mehrzahl der Tiere eine "homogene 'Cuticula dentis' bildet, die mit dem Zahn in Kontakt bleibt" (vgl. a. Schüle, H. (1962)). Ob organische Matrix oder Cuticula dentis läßt sich in den einzelnen Zahnsteinstudien nicht immer eindeutig sichern.

Abbildung 8 zeigt einen Zahnsteinansatz in direktem Kontakt mit der Zementoberfläche. Die helle Zone am oberen Rande des Zahnsteins ist ein Kunstprodukt. Der Zahnstein selbst ist sehr dicht. Diese Vergrößerung läßt keine Struktur mehr erkennen. Der Zahnstein liegt dem Zement von links kommend bis etwa zur Mitte des Bildes auf. An dieser Stelle gleich einer Zäsur, schaltet sich das "Häutchen" zwischen Zahnstein und Zement ein. Es erscheint jedoch unregelmäßig. Es ist nur ein spärlicher Rest, der sicherlich nach einiger Zeit auch vollkommen zugrunde gegangen wäre. Man hätte erwartet, daß das Häutchen an den Ausläufern der Zahnsteinablagerung erhalten geblieben wäre, das ist jedoch nicht der Fall. Die Matrix befindet sich sogar unter einer dicken Schicht Zahnstein. Die Erhaltung des Häutchens ist demnach nicht in Abhängigkeit mit der Schichtdicke des Zahnsteins zu bringen. Das darunterliegende Zement zeigt an Veränderung nur Spalten, die auch von Zahnsteinmassen erfüllt sind. Deutlich treten wieder die Dentinkanälchen hervor.

Der Ausschnitt der nächsten Abbildung (Abb.9) zeigt Zahnstein in einer Einbuchtung des Dentins.

Im Bild links zeigt der Dentinrand noch einen geraden Verlauf, um dann fast rechtwinklig abzubiegen. Der Rand ist zuerst noch glatt und geht dann in eine unregelmäßige Zackung über. Der schwarze Punkt im Dentin ist ein Artefakt. Die Dentinkanälchen sind erweitert. Der Zahnstein hat die "Kavität" ausgefüllt und stellt so die äußere Kontur des Zahnes durchgehend wieder her. Er ist nicht überall gleichmäßig dicht gelagert und besonders am Boden der Kavität aufgelockert. Der Zahnstein hat hier entsprechend dem zerklüfteten Dentinrand einzelne, nicht zusammenhängende Ablagerungsstellen vorgefunden.

Abbildung 10 zeigt die Schmelzzementgrenze. Der Schmelz bedeckt den Zahnhals nicht mehr. Er ist abgesprengt durch die Kräfte des unterminierenden Zahnsteins oder durch ein mechanisches Trauma eines Zahnreinigungsinstrumentes.

Das Dentin liegt frei vom unteren Rand des Schmelzes bis zu der Stelle, wo

der Zahnstein aufliegt. Massiver Zahnstein füllt den Dentindefekt aus, unterminiert z.T. das Dentin an der Schmelzdentingrenze. Der Zahnstein unterfängt gewissermaßen den durch Unterminierung überhängenden Dentinzipfel. Das Dentin zeigt keine auffallende Veränderung.

Die obere Grenze des Zahnsteins bildet beinahe wieder den regelrechten Abschluß des Zahnes. Bei den unregelmäßigen Gebilden in der oberen Hälfte des Bildes handelt es sich um Kunstprodukte.

In Abbildung 11 zeigt sich der Zahnstein in Resorptionsstellen des Zementes eingelagert.

Rechts und links im Bilde ist der Zahnstein vom Zement abgehoben, wahrscheinlich war er nur aufgelagert, so daß er sich bei der Schliffherstellung abheben konnte. Die Zementschicht und das darunterliegende Dentin zeigen keine auffallenden Veränderungen.

Nach Zander dringen in diesem Stadium von der organischen Matrix Mikroorganismen in das Zement und Dentin. Eine Variation in der Auflagerung zeigt das Bild der Abbildung 13.

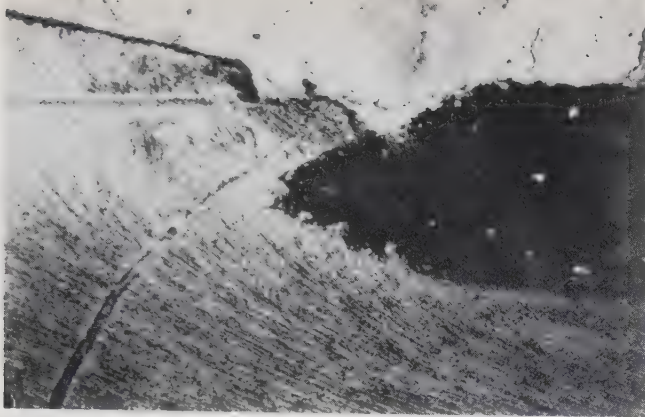
Abbildung 13a ist die Vergrößerung des vorhergehenden Bildes und zeigt ebenfalls eine Zahnsteineinlagerung im Zement.

Die normale Vergrößerung zeigt die Zahnsteinmassen in ihrer ganzen Dicke. Das Zement darunter zeigt Risse und Sprünge, die z.T. im Schliff so getroffen sind, daß sie die Verbindung zum Zahnstein erkennen lassen.

Die Vergrößerung (Abb.13a) zeigt, daß sich der Zahnstein in die Sprünge verfolgen läßt.

Schmelz

Dentin



Zahnstein

Abb.10 Zahnsteinablagerung an der Schmelzzementgrenze

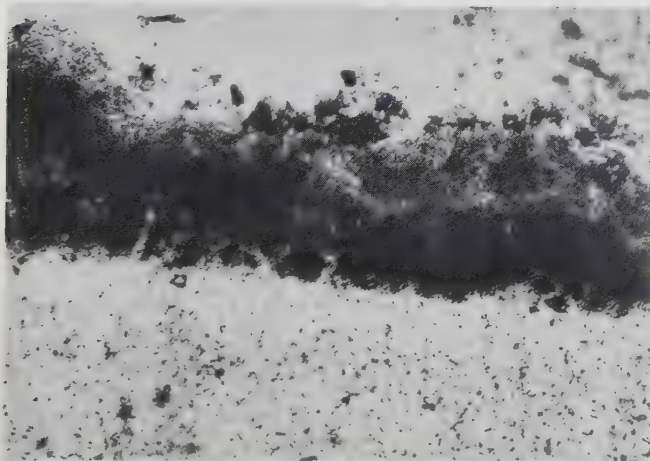


Zahnstein

Zement

Dentin

Abb.11 Attachment im Zement selbst



Zahnstein

Zement

Dentin

Abb.12 Vergrößerung v. Abb.11, Attachment im Zement selbst



Abb.13 Zahnstein direkt dem Zement aufgelagert

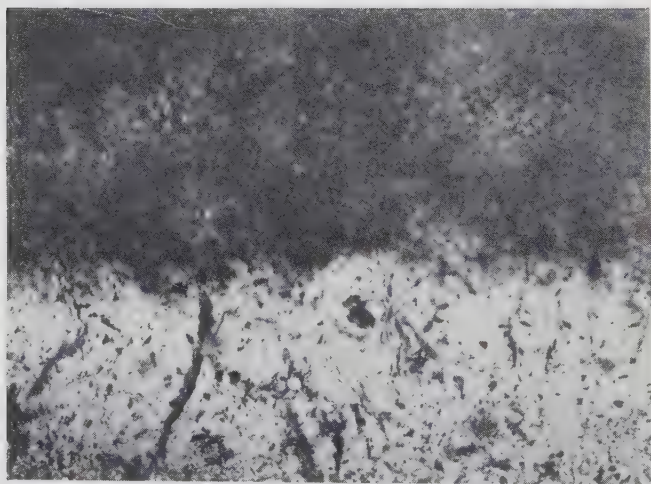


Abb.13a Vergrößerung von Abb.13

Diskussion der Abbildungen:

Wenn man die einzelnen Schliffpräparate untersucht, erscheint es unklar, ob es sich um primär entstandenen Zahnstein handelt, oder ob der Zahnstein von dieser oder jener Stelle schon einmal oder mehrere Male entfernt worden war. Diese Tatsache beeinträchtigt nicht nur die Schichtdicke des Zahnsteins, sondern ganz besonders auch die Art seiner Befestigung am Zahn. So können z.B. durch eine routinemäßige gründliche Zahnsteinentfernung diese Anhaftungsstellen ermöglicht werden, besonders an der Schmelzdentingrenze, einem Locus minoris resistentiae für jede Art der Erkrankung des Zahnes. An dieser Stelle trifft man die Zahnsteinablagerung am häufigsten an. Von einer organischen Matrix ist hier nichts mehr zu sehen, sondern erst wieder weiter apikalwärts in Gebieten, die mit den Zahnreinigungsinstrumenten nicht zu erreichen sind.

Die Abbildungen zeigten verschiedene Dichte in der Struktur des Zahnsteins und wechselnde Dicke! Eine Abhängigkeit dieses Befundes zur Eindringtiefe, besser Verankerung, des Zahnsteins im Zahn konnte nicht festgestellt werden.

Die Untersuchung der Art der Befestigung des Zahnsteins am Zahn brachte folgendes Ergebnis. Sie bestätigte die Untersuchungen von Zander, H.A. in den Punkten, die die Befestigung des Zahnsteins speziell an der Wurzeloberfläche aufzeigten. Zander unterscheidet im wesentlichen vier Arten der Befestigung (Attachment) des Zahnsteins am Zahn:

1. Attachment by means of the secondary cuticle.
 2. Attachment to the microscopic irregularities of the cementum surface.
 3. Attachment by penetration of microorganisms making up the calculus matrix into the cementum.
 4. Attachment into areas of cementum resorption.
-
1. Attachment mittels der Cuticula dentis.
 2. Attachment in den mikroskopischen Unregelmäßigkeiten der Wurzeloberfläche.
 3. Attachment im Zement selbst.
 4. Attachment in den Resorptionslakunen des Zements.

Die Natur dieser Befestigung ist von großer klinischer Bedeutung. Auch unsere Untersuchungen bestätigen, daß die Art der Befestigung in den von Zander angegebenen Grundarten vorliegt oder variiert.

Die organische Matrix ist nicht zwangsläufig unter dem Zahnstein vorhanden,

obwohl sie an der Wurzeloberfläche scheinbar häufiger anzutreffen war. Bass, C.C. (1950) (16) berichtet, daß sich das Häutchen korrespondierend mit dem sich bildenden vorrückenden Zahnstein bewegt. Für diese Annahme findet sich in unseren Bildern kein Hinweis.

Zusammenfassung:

Die Prüfung der Befestigungsart des Zahnsteins wurde an extrahierten, mit supra- und subgingivalem Zahnstein (Konkrementen) behafteten Zähnen vorgenommen.

Vor dem Schleifprozeß wurden die Zähne in eine Kunststofflösung (Aralditharz flüssig mit Aceton verdünnt) eingebettet und getrocknet. Nach Aushärtung der Objekte wurden in mehreren Schleifvorgängen die zur Untersuchung geeigneten Schliffpräparate ausgewertet.

Während sich die beiden Zahnsteintypen klinisch in Lokalisation, Härte und Farbe voneinander unterscheiden, konnte eine Differenz zwischen supragingivalem Zahnstein und Konkrementen nur topographisch-deskriptiv festgestellt werden.

Hinsichtlich ihrer Verbindung mit der Zahnoberfläche liegen neben den von Zander beschriebenen vier Grundbefestigungsarten Kombinationen des Attachments vor. Je nach Sitz, Härte und Menge des Zahnsteins wechselt Form und Art der Zahnsteinablagerung, die im einzelnen beschrieben und anhand von Schliffpräparaten dargestellt wurden. Hier konnte auch der in der Literatur seltene Fall einer Zahnsteinablagerung an allen Stellen der Oberfläche der klinischen Krone eines oberen Molaren erfaßt werden.

Wenn das Attachment bei der Initiation und Vertiefung der parodontalen Tasche auch nicht die entscheidende Rolle spielt, so ruft es primär die entzündliche Veränderung hervor, die indirekt zur Taschenbildung führt. Die Befestigung des Zahnsteins, nicht immer an eine Cuticula dentis gebunden, setzt an den mikroskopischen Unregelmäßigkeiten der Wurzelzementoberfläche, im Zement oder in den Resorptionslakunen von Zement oder Zahnbein an und gestaltet die Arbeit einer gründlichen Zahnsteinentfernung schwierig. Letztere stellt an die Geduld des Zahnarztes und des Patienten erhebliche Anforderungen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Prinz, H.: The Origin of Salivary Calculus.
Dent. Cos. 63, 231-252, 1921
2. Jensen, A.T. and Dan, M. (1952): X-ray crystallographic examination
of calculi from Salivary glands.
J.Dent.Res. 31, 620-626
3. Schneider, U.: Frühstadien des Zahnsteins. Med.Diss. Zürich 1959
4. Mandel, I.D. and Levy, B.M.: Studies on Salivary Calculus.
Oral Surgery 10, 874-884, 1957
5. Höhling, J. und Wannemacher, E. und M.: Über den Zahnstein.
DDZ J.16, 143-151, 1962
6. Mézl, Z.: Caries and Calculus.
Journal Canad.Dent.Ass. 25, 72-78, 1959
7. Box, H.K.: The Formation of Subgingival calculus.
J.Canad.Dent.Ass. 8, 415-420, 1946
8. Zander, H.A.: The Attachment of Calculus to Root Surfaces.
Journal Periodontol. 24, 16-19, 1953
9. Goldman, H.M. and Cohen, D.W.: "Periodontia", 4th Edition, St.
Louis, 1957, 28, S.17
10. Meyer, W.: Pathologie der Zähne und des Gebisses. S.495-546, aus:
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bd.I, München/Berlin 1958
11. Schroeder, H.E. und Marthaler, Th.: Normierte Folien als Zahnstein-
träger. Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 71, 596-604, 1961
12. Shroff, F.R.: An Observation on the Attachment of Calculus.
Oral Surg. 8, 154-160, 1955
13. Bibby, B.G.: The Formation of Salivary Calculus.
Dental Res. 77, 668-675, 1935
14. Gräff, W.: Anaerobe Myxobakterien, neue Mikroben in der menschi-
chen Mundhöhle, Arch.Hyg. 143, 405-459, 1961
15. Bargmann, W.: Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen.
Bd.II, 180-203, 1951
16. Bass, C.C.: The Relation of the Inner Border of Subgingival Calculus
to the Zone of Disintegrating Epithelial Attachment Cuticle.
Oral Surg. 3, 1125-37, 1950
17. Schüle, H.: Das Schmelzoberhäutchen, München, Heft 12, 1962
18. Palazzi, S.: Die Parodontopathien, Basel 1953, S.24
19. Pernkopf, E.: Topographische und praktische Anatomie des Mundhöhlen-
bereiches, in: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, München-
Berlin 1958, S.111.

Herrn Professor Dr. Dr. Peter Riethel danke ich für die Überlassung des Themas und für seine stets bereitwillige und liebenswürdige Hilfe bei meinen Untersuchungen.

LEBENS LAUF

Am 21. September 1936 wurde ich als vierte und jüngste Tochter des praktischen Arztes Dr. med. Franz Freisfeld und seiner (1946 verstorbenen) Ehefrau Maria, geb. Blum, in Hanau am Main geboren. Im Elternhause wurde ich katholisch erzogen. Von 1942 bis 1945 besuchte ich die Volksschule, von Ostern 1946 bis Herbst 1950 die Mädchen-Mittelschule in Großauheim. Im Herbst 1950 trat ich in das Realgymnasium für Mädchen in Hanau ein und legte dort am 15. März 1957 die Reifeprüfung ab. Vom Wintersemester 1957/58 bis zum Wintersemester 1960/61 studierte ich an der Johann Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt/M. Zahnheilkunde, wo ich am 23.4. 1960 die zahnärztliche Vorprüfung bestand. Seit dem Wintersemester 1960/61 studiere ich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz.

